

PERENCANAAN ALTERNATIF GEDUNG MIPA CENTER TAHAP 1 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS BRAWIJAYA DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL *CASTELLATED BEAM* NON KOMPOSIT

Alex Niago, M. Taufik Hidayat, Siti Nurlina

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Jend. A. Yani 02 Balikpapan 76121 – Telp 081333323699
Email: alex.niago@yahoo.com

ABSTRAK

Seiring dengan penambahan dan perkembangan jumlah penduduk di Indonesia, khususnya di Kota Malang. Maka diperlukan infrastruktur yang memadai, seperti tersediannya pemukiman, perkantoran, gedung sekolah, gedung kuliah, gedung olahraga untuk menunjang aktifitas masyarakat di Indonesia. Sehingga dari pesatnya perkembangan ini mengakibatkan suatu permasalahan baru yaitu terbatasnya lahan yang tersedia. Bangunan tinggi yang ada di wilayah Kota Malang hampir seluruhnya, termasuk Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dibangun menggunakan struktur beton bertulang, karena struktur beton bertulang lebih mudah dikerjakan dalam pelaksanaannya. Sedangkan untuk struktur baja belum banyak digunakan untuk bangunan tinggi, adapun yang belum banyak digunakan untuk bangunan tinggi ialah struktur baja dengan profil *Wide Flange* dengan berat yang sama. Dalam analisis dan evaluasi ini akan dilihat perhitungan struktur dari profil *Castellated Beam*.

Kata kunci: *Castellated Beam*, Struktur Baja, LRFD

ABSTRACT

Along with the increase and development of the population in Indonesia, particularly in the city of Malang. It would require adequate infrastructure, such as the availability of residential, offices, schools, lecture hall, gym to support community activities in Indonesia. So that this resulted from the rapid development of a new problem, namely the limited land available. High-rise buildings in the city of Malang almost entirely, including MIPA Building CENTER stage 1 Faculty of Mathematics and Natural Sciences Brawijaya University of Malang built using reinforced concrete structure, because of the reinforced concrete structure more easily done in practice. As for the steel structure has not been widely used for high-rise buildings, while not yet widely used for high-rise building is a steel structure with Wide Flange profile with the same weight. In the analysis and evaluation of this will be seen from the structure calculations Beam castellated profile.

Keywords: castellated Beam, Steel Structure, LRFD

1. PENDAHULUAN

Bangunan tinggi yang ada di wilayah Kota Malang hampir seluruhnya, termasuk Gedung MIPA CENTER tahap 1 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang direncanakan menggunakan struktur beton bertulang karena struktur beton bertulang lebih mudah di kerjakan dalam pelaksanaannya. Sedangkan untuk struktur baja belum banyak digunakan untuk bangunan tinggi, adapun yang belum banyak digunakan untuk bangunan tinggi ialah struktur baja dengan profil *Castellated Beam* dengan berat yang sama. Dalam analisis dan evaluasi ini akan dilihat perhitungan struktur dari profil *Castellated Beam*.

Jadi profil baja *Castellated Comb* adalah profil baja *Wide Flange Shape* yang mengalami perubahan dan pengembangan. Profil *Castellated Beam* memiliki keunggulan daripada profil WF yaitu berat sendiri yang lebih ringan, tetapi dengan berat sendirinya ini memiliki kapasitas momen 1,5 kali lebih besar dari profil WF dengan berat yang sama. Perhitungan struktur ini akan menggunakan profil *Castellated Beam* non komposit.

Dalam analisis ini penulis menggunakan struktur tahan gempa menggunakan metode LRFD. Struktur baja memiliki beberapa kerugian yaitu perawatan struktur baja harus lebih rutin dan khusus dibandingkan dengan struktur beton bertulang, khususnya yang langsung berhubungan dengan udara atau air. Resiko tekuk atau *bukling* pada baja merupakan salah satu kelemahan yang besar, karena pada struktur baja memiliki penampang langsing. Sedangkan terhadap suhu tinggi struktur baja termasuk struktur yang lemah, hal ini berbahaya apabila bangunan mengalami kebakaran.

Oleh karena itu dalam perhitungan desain alternatif pada gedung MIPA Universitas Brawijaya ini penulis akan membahas tentang cara perencanaan

dimensi dari Struktur baja *Castella Beam* non komposit tahan gempa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang paling penting. Sifatnya penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatan yang tinggi, dibandingkan terhadap setiap bahan lain yang tersedia, dan sifat keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan. Pertimbangan penting lainnya dalam penggunaan baja termasuk mudahnya untuk menyediakannya secara luas dan daya tahannya (*durability*), khususnya dengan menyediakan proteksi terhadap cuaca sekitarnya.

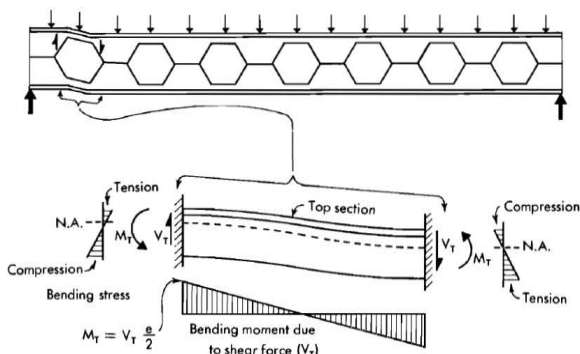
Dalam bidang perencanaan arsitektur banyak gedung dirancang multi guna yang mempunyai bentangan struktur relatif besar dengan tujuan tercapainya efisiensi tata ruang bagi aktifitas pemakainya. Yang dimaksudkan dengan efisiensi tata ruang yaitu lebih ke tujuan untuk mendapatkan ruang bebas dari bangunan gedung tersebut. (Omer W. Blodgett 1996)

2.2 *Castellated Beam*

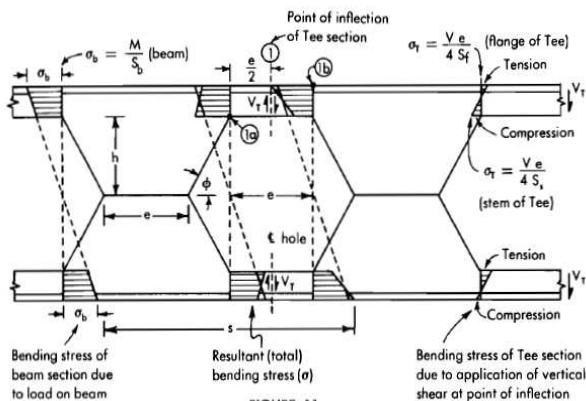
2.2.1 Pengertian Profil *Castellated Beam*

Castellated Beam adalah suatu spesifikasi profil yang ditingkatkan kekuatan komponen strukturnya dengan memperpanjang kearah satu sama lain dan di las sepanjang pola. *Castellated Beam* ini mempunyai tinggi (h) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia (I_x), dan *modulus section* (S_x) (Knowles 1991). Dikarenakan *flens* profil memikul hampir sebagian besar beban lentur, maka pengurangan luas badan profil tidak menjadi persoalan yang ditinjau dari daya tahan terhadap momen. Namun gaya lintang yang diterima oleh

badan profil harus ditinjau lebih lanjut. Pada tengah bentang gaya lintang mempunyai nilai minimal sehingga tidak mempengaruhi kekuatan balok, mendekati tumpuan pada daerah gaya lintang maksimal sekitar satu lubang maka tegangan lentur pada bagian potongan T, diatas dan di bawah lubang sarang tawon , akibat gaya lintang harus ditambahkan pada tegangan lentur dari balok ditinjau secara keseluruhan.



Gambar 2.1. Momen lentur akibat gaya lintang.



Gambar 2.2. Tegangan lentur pada lubang *Castellated Beam* akibat gaya lintang.

Momen lentur akibat gaya lintang yang diperlihatkan dalam gambar 2.2, biasanya titik balik momen (*point of inflection*) dibagian potongan T atas maupun bawah akibat gaya lintang dimisalkan terjadi pada tengah-tengah

lubang ($\frac{e}{2}$). Selanjutnya dimisalkan bahwa gaya lintang dipikul sama rata oleh bagian atas dan bawah karena tinggi profil dari kedua bagian T itu sama.

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data menggunakan data dari tim teknik proyek gedung ini yang digunakan sebagai acuan dalam mengerjakan perhitungan ini.

3.1 Data Perencanaan

Nama Gedung : Gedung MIPA CENTER
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.

Lokasi : Jalan Veteran Malang.

Fungsi : lantai 1 sebagai pusat layanan mahasiswa serta ruang kelas, lantai 2 sampai 4 sebagai ruang kelas perkuliahan, lantai 5 sebagai laboratorium komputasi serta perpustakaan, lantai 6 sampai 7 sebagai ruang staff pengajar serta karyawan, dan lantai 8 dibangun ruang kaca Laboratorium Biologi serta rumah kaca *Aqua Culture*.

Struktur Awal Gedung : Lantai 1 sampai 8 menggunakan struktur beton bertulang, sedangkan atap menggunakan struktur baja.

Jumlah Lantai : 8 lantai

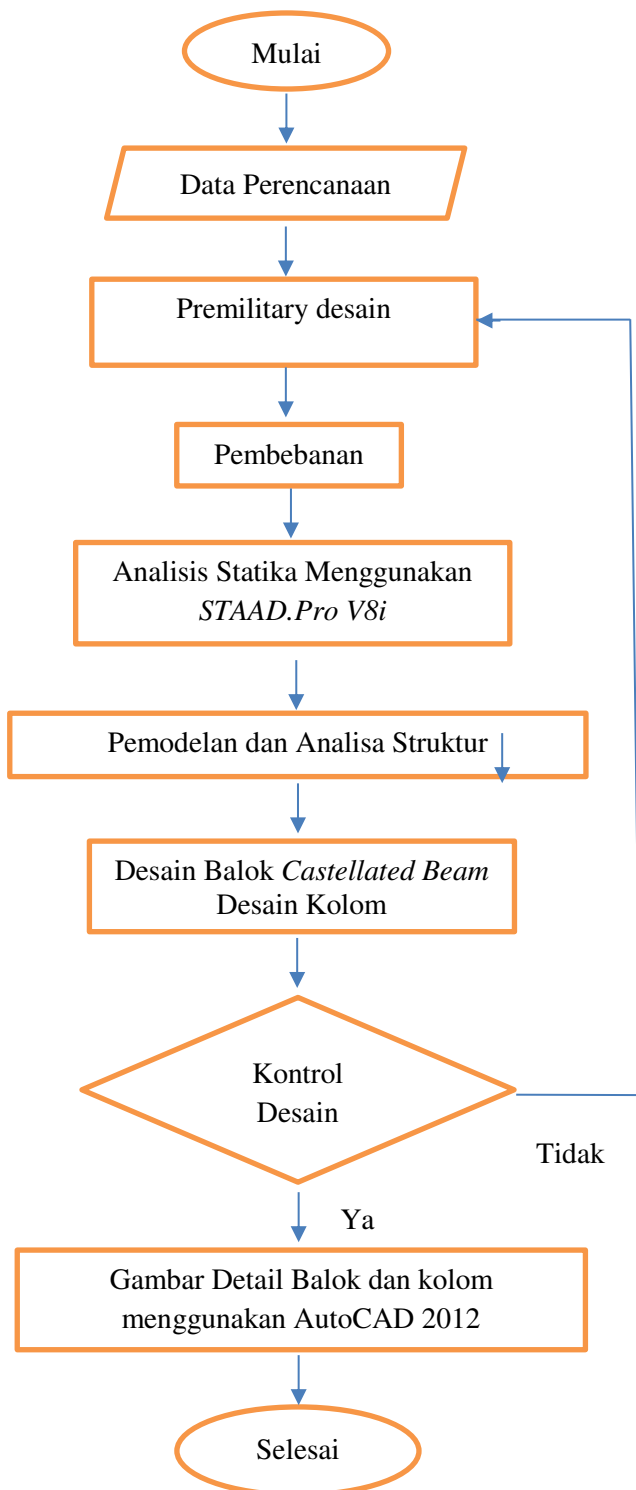
Tinggi Bangunan : $\pm 32,4$ m

Tinggi Tiap Lantai : 4,5 m

Zona Gempa : 4

Struktur Alternatif : Struktur Baja menggunakan balok *Castellated Beam* dan kolom menggunakan *Wide Flange*.

3.2 Diagram Alur Perencanaan



4. PEMBAHASAN

4.1 Data Pembebanan

4.1.1 Beban mati

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beton Bertulang Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (*PPIUG 1983*), beban mati diatur sebagai berikut:

- Bahan Bangunan :
Beton bertulang
= 2400 kg/m^3
- Komponen Gedung :
Spesi per cm tebal
= 21 kg/m^3
Keramik
= 24 kg/m^3
Dinding bara merah $\frac{1}{2}$ batu
= 250 kg/m^2
Eternit + penggantung langit-langit
= 21 kg/m^3
Penutup atap Genteng
= 50 kg/m^2

4.1.2 Beban hidup

Sesuai dengan peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (*PPIUG 1983*), beban hidup diatur sebagai berikut:

- Ruang kuliah dan kantor
= 250 kg/m^3
- Ruang pertemuan dan rapat
= 400 kg/m^3
- Ruang alat-alat mesin dan gedung
= 400 kg/m^3
- Tangga dan lorong kuliah
= 300 kg/m^3

4.2 Pembebanan Balok

4.2.1 Pembebanan Pelat Atap (lantai 8)

1. Beban hidup :

Lantai atap (q_L)
= 100 kg/m

2. Beban mati :

Berat beton bertulang (q_D)
= $0,13 \text{ m} \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi Pembebanan (Q_u) :

$$\begin{aligned}
 Q_U &= 1,2q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2(312) + 1,6(100) \\
 &= 534,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.2.2 Pembebanan Pelat Lantai (Tipikal lantai 2 - 7)

1. Beban hidup :

Lantai ruang kuliah dan kantor
(qL) = 250 kg/m

2. Beban mati :

Berat beton bertulang (qd)
= 0,13 m x 2400 = 312
kg/m²

Kombinasi Pembebanan (Qu) :

QU = 1,2qD + 1,6 qL
= 1,2(312) + 1,6(250)
= 774,4 kg/m²

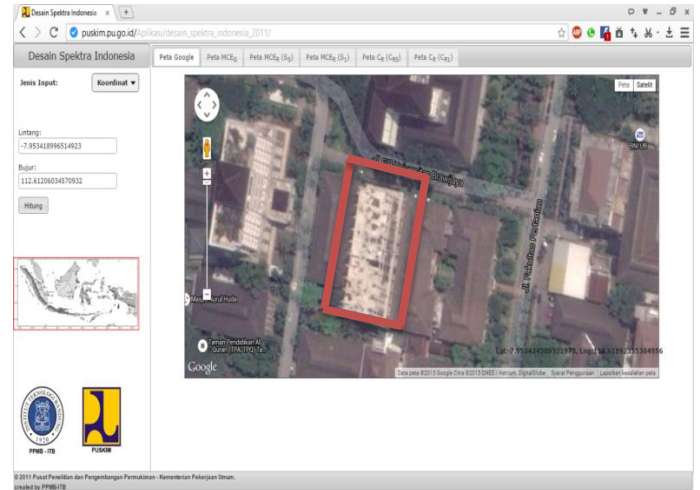
4.2.3 Pembebanan atap baja

Desain atap Gedung MIPA Center Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya merupakan rangka baja. Pada perencanaan skripsi ini, baban atap yang akan diterima oleh portal digunakan nilai asumsi untuk tumpuan sendi rol yaitu 4000 kg.

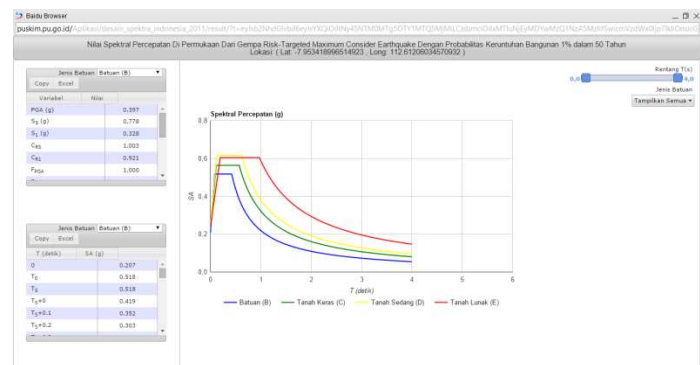
4.3 Analisis Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa pada gedung MIPA Center (Tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, perhitungan spektrum repons desain menggunakan program yang telah disediakan

PU:
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Dengan cara memasukkan jenis input kordinat tempat yang akan ditinjau.



Gambar 4.1 Lokasi gedung MIPA Center



Gambar 4.2 Respon spectral percepatan di permukaan

Maka akan diperoleh nilai S_s dan S₁

S_s = 0,778 S₁ = 0,328

Mencari nilai Fa

Tabel 4.1 Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) S_s

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) Terpetakan pada Perioda Pendek, T=0,2 Detik, S _s				
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

SF	SS ^b
----	-----------------

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan perhitungan dengan cara interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Interpolasi

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

Interpolasi Linear

$S_s =$

0,778

$F_a = 1,089$

Mencari nilai F_v

Tabel 4.2 Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) S_1

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan pada Periode 1 Detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Interpolasi Linear

$S_1 =$

0,328

$F_v = 1,472$

a. Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1})

dapat diasumsi dengan nilai F_s dan F_v diambil dari kelas situs SC.

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_a \times S_s \\ &= 1,089 \times 0,778 \\ &= 0,847 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_v \times S_1 \\ &= 1,472 \times 0,328 \\ &= 0,483 \end{aligned}$$

b. Parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek, S_{ds} dan periode 1 detik (S_{d1}) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{ds} &= 2/3 \times S_{ms} \\ &= 2/3 \times 0,847 \\ &= 0,565 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{d1} &= 2/3 \times S_{m1} \\ &= 2/3 \times 0,483 \\ &= 0,322 \end{aligned}$$

c. Menentukan periode fundamental pendekatan (T_a)

Dalam SNI 1726-2012, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan, T_a , dalam detik, dari persamaan berikut, untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa untuk Sistem Rangka Pemikul Momen secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1N = 0,1 \times 8 = 0,8$$

Keterangan: N = jumlah tingkat

d. Membuat spectrum respon desain

1) Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T_0 , nilai S_a menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} S_a &= S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,565 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,8}{0,114} \right) \\ &= 2,605 \end{aligned}$$

2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum repons percepatan desain S_a sama dengan S_{ds}

3) Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons

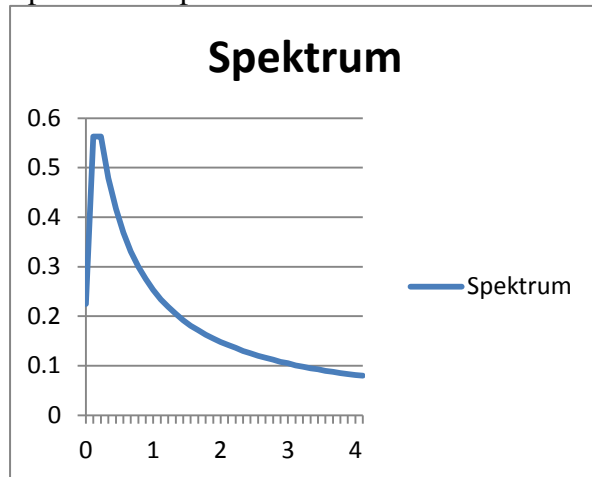
percepatan desain S_a diambil menggunakan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} = \frac{0,322}{0,8} = 0,403$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0,322}{0,565} = 0,570$$

$$T_o = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0,2 \frac{0,322}{0,565} = 0,114$$

Spektrum respons desain



Gambar 4.3 Reson spectrum desain

e. Menentukan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik dievaluasi berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek dan 1 detik, yaitu dari nilai S_{DS} dan S_{D1} .

Tabel 4.3 Parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	I V
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4.4 Parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko
----------------	-----------------

	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Untuk nilai $S_{DS} = 0,565$ dan $S_{D1} = 0,322$ maka dari tabel di atas, didapatkan kategori desain seismic D. Dalam hal ini, system struktur yang dipakai untuk kategori desain seismic D adalah Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Khusus.

Tabel 4.5 Tingkat resiko kegempaan

Code/Peraturan	Tingkat Resiko Kegempaan (SNI 2847-2013)		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726-2012	KDS A,B	KDS C	KDS D,E,F
	SRPMB/M/K SDSB/K	SRPMM/K SDSB/K	SRPMK SDSK

f. Menghitung koefisien respon seismic (C_s)

Koef. respons seismic, C_s harus dengan dihitung dengan persamaan :

$$C_{s(hitungan)} = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,565}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,106$$

Keterangan :

I_e : 1,5 (faktor keutamaan gempa untuk kategori resiko II)

R : 8 (koef. modifikasi respons untuk rangka pemikul momen khusus beton bertulang.

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak boleh melebihi:

$$C_{s(maks)} = \frac{S_1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,328}{0,8 \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,077$$

Nilai C_s yang dihitung juga tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_{s(min)} &= 0,044 \cdot S_{ds} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,565 \cdot 1,5 \geq 0,01 \\ &= 0,0373 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Jadi, nilai C_s yang dipakai adalah nilai C_s maks, karena :

C_s hitungan $\geq C_s(\text{maks})$

$0,106 \geq 0,077$, maka C_s maks yang digunakan : 0,077

4.4 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang memiliki kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung dengan kombinasi pembebanan dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan.

Kombinasi pembebanan pokok yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- Bila kuat perlu U untuk menahan beban mati D , dan beban hidup L , dan juga beban atap L_r atau beban hujan R , paling tidak harus sama dengan:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

- Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W , maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi D , L , dan W yang akan dihitung menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } W)$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

- Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E , maka harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Pengaruh kombinasi D , L , dan E yang akan dihitung menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,0 E1 + 1,0 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E2 + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E1$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E1$$

Keterangan :

E1 : gempa arah utara – selatan dan barat – timur

E2 : gempa arah selatan – utara dan timur – barat

Faktor beban untuk L boleh direduksi menjadi 0,5 L kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan dengan beban hidup L -nya lebih besar dari pada 500 kg/m.

4.5 Input Data STAAD Pro 2008 v8i

Input data merupakan sekumpulan perintah dan data yang akan digunakan dalam memodelkan dan menganalisis model struktur. Berikut penjelasan singkatnya:

- Geometry*

Memuat informasi tentang letak koordinat titik-titik pada struktur dalam sumbu x, y dan z.

- General → Property*

Memuat informasi tentang data-data dari elemen struktur batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis melalui *property*, dan momen inersia dari setiap elemen.

- General → Load*

Memuat informasi tentang data-data dari elemen batang tiga dimensi pada struktur yang dianalisis meliputi beban yang bekerja pada elemen. Beban yang bekerja dari analisis struktur yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

Beban mati : *Selfweight Y -1*

Beban hidup : *Floor with Y range*

Beban gempa : *Beban lateral*

Beban atap : *Joint load* Beban atap

Beban angin : *Wind definition*

- General → Load Combination*

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisis struktur utama.

e. *General* → *Support*

Memuat informasi mengenai perletakan tumpuan pada struktur yang akan dianalisis.

f. *Analyze* → *Run Analyze*

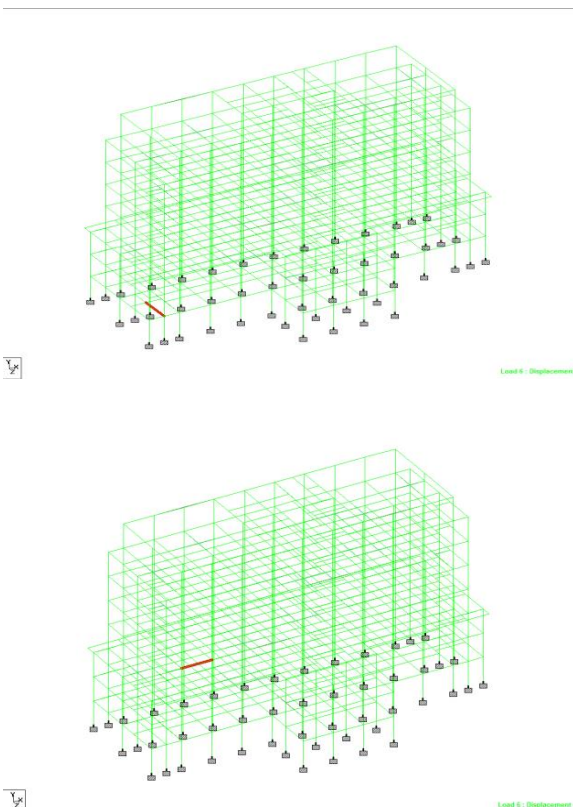
Memuat informasi untuk mendapatkan hasil dari data input yang telah dimasukkan.

4.6 Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur sekunder meliputi struktur balok Induk dan Kolom Induk.

4.6.1 Perencanaan Balok

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan balok ini, digunakan momen dan gaya lintang. Selanjutnya dilakukan analisis pada balok berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada balok B1 yang menggunakan profil WF 18 x 192 pada lantai 1.



Hasil output STAAD Pro V8 akibat beban kombinasi, didapat :

$$M_{\max} = 140120,620 \text{ Kgm}$$

$$= 14012062 \text{ Kgcm}$$

$$V_u = \text{Kg}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

Profil WF 18 x 192 (AISC)

Mutu baja , $f_y = 250 \text{ Mpa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$d = 518,16 \text{ mm}$$

$$b_f = 292,1 \text{ mm}$$

$$t_w = 24,384 \text{ mm}$$

$$t_f = 44,45 \text{ mm}$$

$$I_x = 161069,4 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 7244,38 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 6228,2 \text{ cm}^3$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$r = 13,81125 \text{ mm}$$

$$h = d - 2(t_f + r) = 401,6375 \text{ mm}$$

4.6.2 Kontrol Penampang

Cek kelangsingan penampang profil WF

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{292,10}{2 \cdot 44,45} = 3,27$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak (OK)

- Pelat Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{401,6375}{24,384} = 16,7$$

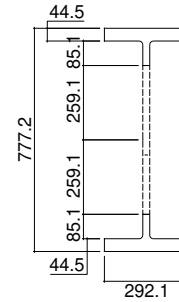
$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak (OK)

Selanjutnya untuk profil lainnya digunakan cara yang sama untuk memperoleh hasil kelangsingan profil balok.

Tabel 4.6 Rekapitulasi kelangsingan profil balok

Balok Induk	Profil WF (in)	$\frac{bf}{2tf}$	$\frac{170}{\sqrt{fy}}$	$\frac{h}{tw}$	$\frac{1680}{\sqrt{fy}}$	Penampang
B1	WF 18 x 192	8,30	10,75	42,42	106,25	Kompak
B2	WF 12 x 136	4,96	10,75	12,3	106,25	Kompak



Gambar 4.5 Potongan Melintang *Castellated Beam*

4.6.3 Perhitungan Dimensi Profil *Castellated Beam*

Asumsi, $K1 = 1,5$

$$h = d(K1 - 1)$$

$$= 259,08 \text{ mm}$$

$$d_g = d + h$$

$$= 777,74 \text{ mm}$$

$$b = \frac{h}{\tan \theta} = \frac{259,08}{1,73}$$

$$= 149,58 \text{ mm}$$

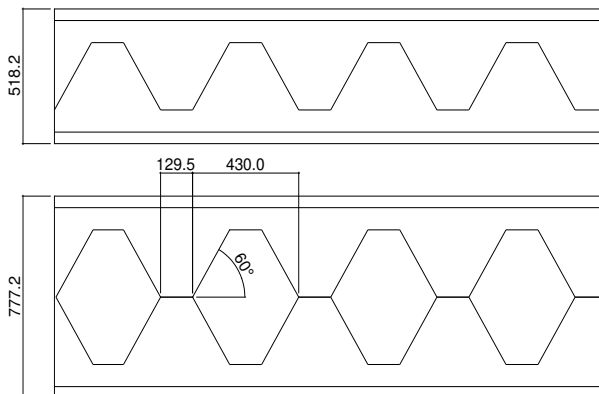
$$d_T = \frac{dg - 2tf}{2} - h$$

$$= 85,09 \text{ mm}$$

$$h_o = 2h = 518,16 \text{ mm}$$

$$e = 0,25 \times h_o = 129,54 \text{ mm}$$

$$a_o = 2b + e = 428,70 \text{ mm}$$



Gambar 4.4 Profil *Castellated Beam* B1

Maka, profil WF menjadi profil *Castellated Beam* dengan dimensi :

$$d_g = 777,74 \text{ mm}$$

$$bf = 292,1 \text{ mm}$$

$$r = 13,81125 \text{ mm}$$

$$h_o = 518,16 \text{ mm}$$

$$a_o = 428,70 \text{ mm}$$

$$t_w = 24,384 \text{ mm}$$

$$t_f = 44,45 \text{ mm}$$

$$h = d_g - 2(t_f + r) = 660,72 \text{ mm}$$

4.6.4 Mencari I_x dan Z_x pada profil *castellated*

- Pada bagian tanpa lubang

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \times b \times dg^3 \right) - \left(2 \times \frac{1}{12} \times \left(\frac{b - tw}{2} \right) \right) (dg - 2tf)^3$$

$$= 415303,9859 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \left(\frac{tw \times dg^2}{4} \right) + (bf - tw)(dg - tf) \times tf$$

$$= 12402,78946 \text{ cm}^3$$

- Pada bagian berlubang

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \times b \times dg^3 \right) - \left(2 \times \frac{1}{12} \times \left(\frac{b - tw}{2} \right) \right) (dg - 2tf)^3 - \left(\frac{1}{12} \times tw \times (dg - 2tf - 2h)^3 \right)$$

$$= 363741,9147 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \left(\frac{1}{4} \times b \times dg^2 \right) - \left(2 \times \frac{1}{4} \times \left(\frac{b - tw}{2} \right) \right) (dg - 2tf)^2 - \left(\frac{1}{4} \times tw \times ho^2 \right) = 6123,837812 \text{ cm}^3$$

$$I_x = I_x \text{ rata - rata} \\ I_x = \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ berlubang}}{2} = 389522,9503 \text{ cm}^4$$

4.6.5 Kontrol Penampang

Cek kelangsingan penampang profil WF

- Pelat Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{292,10}{2 \cdot 44,45} = 8,30$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak (OK)

- Pelat Badan (ketika solid)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{660,72}{24,384} = 27,096$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak (OK)

Dari kombinasi pembebanan didapat,

$$Mu = 110519,80 \text{ kgm} = 11051980 \text{ kgcm}$$

Karena penampang kompak, maka :

$$Mn = Mp$$

$$Mn = F_y \times Z_x$$

$$= 31006973,65 \text{ kgcm}$$

$$\Delta As = ho \times tw$$

$$= 126,348 \text{ cm}^2$$

Momen Lentur Nominal

$$Mn = Mp - f_y \times \Delta As \left(\frac{ho}{4} + e \right) \\ = 22823413,69 \text{ kgcm}$$

$$\Phi Mn = 0,9 \times 22823413,69$$

$$= 20541072,32 \text{ kgcm}$$

$$\Phi Mn \geq Mu$$

$$20541072,32 \text{ kgcm} \geq 11051980 \text{ kgcm} \text{ (OK)}$$

- Pelat Badan (ketika berlubang)

$$\lambda = \frac{dT}{tw} = \frac{85,09}{24,384} = 3,48$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda_R = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_R}} = \frac{170}{\sqrt{250 - 70}} = 27,57$$

Didapat, $\lambda < \lambda_p < \lambda_R \rightarrow$ Penampang Kompak (OK)

Kontrol Kuat Geser :

$$\bullet \frac{d - 2tf}{tw} = \frac{688,84}{24,384} = 28,24$$

$$\bullet \frac{1365}{\sqrt{f_y}} = \frac{1365}{\sqrt{250}} = 86,33$$

$$\bullet \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

Kontrol Tekuk Badan (berdasarkan ASCE journal page 3319)

$$\bullet \frac{d - 2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \\ 28,24 \leq 86,33... \text{ (OK)}$$

$$\bullet \frac{d - 2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ 28,24 \leq 69,57... \text{ (OK)}$$

$$ao = 428,70 \text{ mm}$$

$$ho = 518,16 \text{ mm}$$

$$\frac{ao}{ho} = \frac{428,70}{518,16} = 0,827 \leq 3,0 \text{ (OK)}$$

$$V_p = f_y \times tw \times \frac{d}{\sqrt{3}} \\ = 273727,711 \text{ kg}$$

$$Po = \frac{ao}{ho} + \frac{6ho}{d} \\ = 4,827 \leq 5,6 \text{ (OK)}$$

(nilai 5,6 adalah untuk balok baja non komposit)

Untuk tee atas dan bawah :

$$V_{pt} = \frac{f_y \times tw \times dt}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 2,4384 \times 85,09}{\sqrt{3}} \\ = 299476,57 \text{ kg}$$

$$\mu = 0$$

$$v = \frac{ao}{dt} = \frac{428,70}{85,09} = 5,038$$

$$\frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} = 0,36 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

$$V_{nt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{v + \sqrt{3}} V_{pt}$$

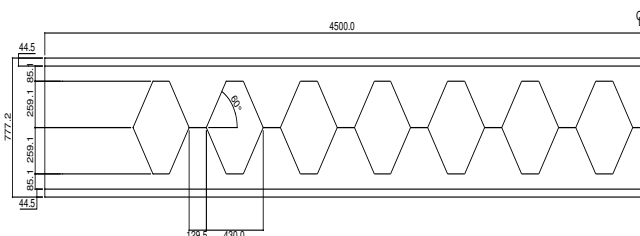
$$\begin{aligned}
&= 108354,399 \text{ kg} \\
V_{nt} &\leq V_{pt} \rightarrow 108354,399 \text{ kg} \leq 299476,57 \text{ kg} \dots (\text{OK}) \\
V_n &= \Sigma V_{nt} = 2 \times V_{nt} = 216708,798 \text{ kg} \\
\phi V_n &= \Sigma V_{nt} = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 216708,798 \\
&= 195037,9182 \text{ kg} \\
\phi V_n &\geq V_u \\
195037,9182 \text{ kg} &\geq 37056,78 \text{ kg} \dots (\text{OK})
\end{aligned}$$

4.6.6 Persamaan Interaksi :

$$\begin{aligned}
\left(\frac{Mu}{Mn}\right)^3 + \left(\frac{Vu}{Vn}\right)^3 &\leq 1,0 \\
&= 0,16 \leq 1,0 \dots (\text{OK})
\end{aligned}$$

4.6.7 Kontrol Jarak Antar Lubang :

$$\begin{aligned}
S &= 2(b + e) \\
S &\geq h_o \\
558,24 \text{ mm} &\geq 518,16 \text{ mm} \dots (\text{OK}) \\
S &\geq a_o \left(\frac{\frac{vu}{\phi vp}}{1 - \frac{vu}{\phi vp}} \right) \\
&\geq 42,870 \left(\frac{0,189}{1 - 0,189} \right) \\
55,824 \text{ cm} &\geq 9,99 \text{ cm} \dots (\text{OK})
\end{aligned}$$



Gambar 4.6 detail ½ bentang profil *castellated beam* pada balok Melintang.

4.6.8 Kontrol Lendutan

Menurut Tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002, batas lendutan untuk balok pemikul dinding atau finishing yang getas adalah $L/360$, dengan L adalah bentang balok.

Balok WF 18 x 192

$$\begin{aligned}
\hat{f} &= \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2,5 \text{ cm} \\
f &= \frac{5}{384} \times \frac{qd + ql \times L^4}{E \times I_{x \text{ rata-rata}}}
\end{aligned}$$

$$= 0,278 \text{ cm} \leq \hat{f} = 2,5 \text{ cm} \dots (\text{OK})$$

Dengan cara yang sama, diperoleh lendutan balok pada bentang lain seperti dalam Tabel berikut:

Tabel 4.7 Rekapitulasi lendutan balok

Balok	Δ_{maks} $f = \frac{5}{384} \times \frac{qd + ql \times L^4}{E \times I_{x \text{ rata-rata}}}$ (mm)	Δ_{ijin} $L/360$ (mm)	Kontrol
Bentang 9 m	2,78	25	Ok
Bentang 5,4 m	8,64	15	Ok

Jadi, Profil Balok Induk dipakai :
Castellated Beam 777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
x 44,45
Dengan perhitungan yang sama, maka didapat tabel balok induk sebagai berikut :

Tabel 4.8. Perhitungan dimensi balok induk.

Lantai	Balok	L (m)	Profil Castellated (mm)
2	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
3	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
4	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
5	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
6	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
7	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75

8	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45 •
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75

4.7 Perencanaan Kolom

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi analisis struktur, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan kolom ini, digunakan momen dan gaya normal. Selanjutnya dilakukan analisis pada kolom berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada kolom E-4 (K1) lantai 1 yang menggunakan profil WF 33x318.

$$\begin{aligned}
 B_f &= 406,4 \text{ mm} \\
 t_f &= 48,006 \text{ mm} \\
 t_w &= 26,416 \text{ mm} \\
 r_y &= 94,234 \text{ mm} \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa} \\
 f_u &= 400 \text{ MPa} \\
 E_s &= 200000 \text{ Mpa} \\
 G &= 80000 \text{ Mpa} \\
 r_x &= 368,3 \text{ mm} \\
 d &= 894,08 \text{ mm} \\
 h &= 758,1392 \text{ mm} \\
 A_s &= 60386,976 \text{ mm}^2 \\
 Z_x &= 20811571,28 \text{ mm}^3 \\
 S_x &= 18189641,04 \text{ mm}^3 \\
 I_x &= 8116512799 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 536938539 \text{ mm}^4 \\
 S_x &= 18189641,04 \text{ mm}^3 \\
 C_w &= 9,58673E+13 \text{ mm}^6 \\
 J &= 35129932,32 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

4.7.1 Kontrol Penampang

$$N_{u \text{ max}} = 255658,120 \text{ kg}$$

Cek kelangsingan penampang pada profil WF

- Pelat Sayap

$$\frac{b/2}{t_f} = \frac{406,4/2}{48,006} = 4,23$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,714$$

$$\frac{b/2}{t_f} < \lambda_r \dots (\text{OK})$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{758,1392}{26,416} = 28,7$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 41,8$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_r \dots (\text{OK})$$

Faktor panjang efektif

Bagian dasar kolom diasumsikan jepit, sehingga $G_A = 1$

Momen inersia kolom WF 33x318

$$I_x = 811590 \text{ cm}^4$$

Momen inersia *Castellated beam* 510,5 x 31,496 x 20,006 x 31,75

$$I_x = 129681,9469 \text{ cm}^4$$

Faktor panjang efektif k

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{I}{L} \right)_{\text{balok}}}$$

$$G_B = \frac{3607,06}{811590}$$

$$G_B = 7,5$$

Diperoleh :

$$k_c = 1,81 \quad (\text{dari nomogram diagram})$$

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_x \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c = \frac{1,81 \cdot 4500}{94,234 \cdot \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0,97$$

Karena $0,25 < \lambda_c = 0,97 < 1,2$, (Kolom menengah *inelastic*) maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \cdot \lambda_c)}$$

$$\omega = 1,505$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = 166,10 \text{ Mpa}$$

Kuat rencana nominal

$$N_n = A_s \cdot f_{cr}$$

$$N_n = 1003036,117 \text{ kg}$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$255658,120 \leq 0,85 \cdot 1003036,117$$

$$255658,120 \text{ kg} \leq 852580,6995 \text{ kg}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan kuat rencana kolom pada kolom lain seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.9 Rekapitulasi kuat rencana kolom

Kolom	Nu (kg)	ΦN_n (kg)	Kontrol
K1	255658,120	852580,6995	ok
K2	81711,47	854930,818	ok

4.7.2 Hubungan balok-kolom

$$M_1 = 42957,229 \text{ kgm}$$

$$M_A = 84205,606 \text{ kgm}$$

$$M_B = 125453,990 \text{ kgm}$$

$$M_C = 166702,350 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 211433,080 \text{ kgm}$$

Cek kelangsingan penampang profil

$$\frac{N_u}{\phi_b N_y} = \frac{255658,120}{852580,6995}$$

$$= 0,299 > 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = 28,7$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right) > \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = 64,198 > 42,05$$

$$\lambda < \lambda_p$$

28,7 < 64,198 (Maka penampang kompak) .. (OK)

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil kelangsingan profil kolom pada kolom yang lain seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.10 Rekapitulasi kelangsingan profil kolom

Kolom	Profil	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right)$	$\frac{665}{\sqrt{f_y}}$	Kontrol
K1	WF 33x318	28.7	64,198	42,05	ok
K2	WF 30x292	26.2	70,658	42,05	ok

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y$$

$$L_p = 4708,306 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$f_L = 180$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E_s \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_1 = 22488,517 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)$$

$$X_2 = 4,622 \text{ mm}^4 / \text{N}^2$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_L)^2}}$$

$$L_r = 231897,47 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

$$4500 \text{ mm} < 4679,384 \text{ mm} \dots (\text{OK})$$

$$\text{Sehingga } M_n = M_p$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$M_p = 520289,2820 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_p$$

$$\phi M_n = 468260,3538 \text{ kgm}$$

Menentukan perbesaran momen :

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = \frac{1,81 \cdot 4500}{368,3}$$

$$\frac{k_c \cdot L}{r_x} = 22,115$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot (M_1/M_2)$$

$$C_m = 0,519$$

$$N_{el} = \frac{\pi \cdot E_s \cdot A_g}{\left(k \cdot \frac{L}{r}\right)^2}$$

$$N_{el} = 11442516,81 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{el}}}$$

$$\delta_b = 0,520 \leq 1 \text{ (maka diambil 1)}$$

$$M_u = \delta_b \cdot M_{u \text{ maks}}$$

$$M_u = 211433,080 \text{ kgm}$$

Kontrol Kuat Tekan Lentur :

$$\frac{N_u}{\phi_b N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right) < 1,0$$

$$0,696 < 1,0 \dots (\text{OK})$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil kombinasi aksial lentur kolom pada kolom yang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4.11 Rekapitulasi kombinasi aksial lentur kolom

Kolom	M_u (kgcm)	$\frac{N_u}{\phi_b N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right)$	Kontrol
K1	211433.080	0,696	ok
K2	170862.600	0.565	ok

4.8 Perencanaan Pengaku

Pengaku pada struktur diperlukan agar struktur tersebut lebih stabil. Terdapat 2 macam pengaku yang dianalisis, yaitu pengaku tumpuan dan pengaku vertikal. Analisis terhadap pengaku ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1729-2002. Contoh perhitungan dilakukan pada balok BC-4 (B1) lantai 2 menggunakan profil WF 12 x 136.

4.8.1 Pengaku tumpuan

Dimensi penampang balok yang telah direncanakan sebelumnya, sudah aman terhadap lentur, geser dan lendutan. Tapi, pada penampang balok masih ada kemungkinan terjadi tekuk atau leleh pada badan dan sayap profil baja di daerah tumpuan akibat reaksi balok. Oleh karena itu, perlu direncanakan ada tidaknya pengaku pada balok.

Data balok:

$$V_{u \text{ maks}} = 38101.602 \text{ kg}$$

Lentur pelat sayap :

$$R_b = 6,25 \cdot t_f^2 \cdot f_y$$

$$R_b = 1575097,656 \text{ N}$$

Kuat leleh pelat badan :

$$R_b = (5k + N) \cdot f_y \cdot t_w$$

$$R_b = 1414352,01 \text{ N}$$

Kuat tekuk dukung pelat badan :

$$R_b = 0,8 \cdot t_w^2 \cdot \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E_s \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}}$$

$$R_b = 3461026,191 \text{ N}$$

Kuat lentur pelat badan

$$R_b = \frac{24,08 \cdot t_w \cdot \sqrt{E_s \cdot f_y}}{h}$$

$$R_b = 2677367,737 \text{ N}$$

Sehingga $R_b = 1414352,01 \text{ N}$ (diambil yang terkecil)

$$R_b = 141435,201 \text{ kg}$$

$$R_u \leq \phi_b \cdot R_b$$

$$R_u \leq 0,9 \cdot 141435,201$$

$$38101.602 \text{ kg} \leq 127291,6809 \text{ kg}$$

jadi, penampang balok tidak memerlukan pengaku pada tumpuan.

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil kuat tumpu balok pada bentang lain seperti dala Tabel berikut:

Tabel 4.12 Rekapitulasi kuat tumpu balok

Balok	Vu (kg)	Vn (kg)	0.9 Rb (kg)	kontrol
B1	37056,78	135110.062	281292,532	Ok
B2	32774,62	195037,9182	277847,2265	Ok

4.8.2 Pengaku vertikal

Pengaku vertikal diperlukan jika pelat badan tidak kuat menahan gaya geser yang terjadi akibat beban. Pada analisa kuat geser sebelumnya, semua pelat badan penampang balok aman terhadap gaya

geser yang terjadi. Sehingga, pada balok tidak diperlukan pengaku vertikal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Perencanaan Alternatif Gedung MIPA Center (tahap I) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang menggunakan profil *Castellated Beam* non komposit adalah :

1. Dilakukan proses perhitungan untuk menentukan potongan zig-zag daripada profil awalnya untuk mendapatkan lubang pada *Castellated Beam* dan dilanjutkan dengan perhitungan struktur sekunder dan struktur primer terhadap beban-beban yang bekerja.
2. Dilakukan perhitumngan cek terhadap profil harus masuk dalam kategori penampang kompak,serta perhitungan momen harus memenuhi syarat $\Phi M_n \geq M_u$ dan perhitungan kuat geser harus memenuhi syarat $\phi V_n \geq V_u$.
3. Dari perencanaan ini maka struktur rangka yang menggunakan profil *Castellated Beam* pada balok gedung ini dspat dijadikan desain alternatif dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 5 Perhitungan dimensi balok
Castellated Beam.

Lantai	Balok	L	Profil Castellated
		(m)	(mm)
2	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
3	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
4	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
5	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
6	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
7	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75
8	B1	9	777,74 x 292,1 x 24,384 x 44,45
	B2	5,4	510,5 x 314,96 x 20,006 x 31,75

3.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, diharapkan dengan kemajuan teknologi komputerisasi seperti saat ini, perencanaan struktur gedung portal 3D, program aplikasi analisis struktur mampu menghasilkan gaya-gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan secara langsung, tetapi dari hasil yang diperoleh tersebut harus tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku, agar dapat diperoleh hasil yang dapat dipertanggung jawabkan serta dapat diperoleh hasil yang lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, 1999, "*Load and Resistance Factor Design Specification*", Chicago, Illinois.
- Journal of Structural Engineering, 1992, "*Proposed Specification for Structural Steel Beams with Web Openings*", ASCE
<http://www.grunbauer.nl/eng/inhoud.htm>
- Badan Standarisasi Nasional. 1983. *Peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1726-2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1729-2002*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Setiawan, Agus. 2008. "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai Dengan SNI 03-1729-2002)". Semarang: Erlangga.
- W. Blodgett, Omer. 1966. "*Design Of Welded Structures*". U.S.A: The James F. Lincoln Arc Welding Fondation.